

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT 4

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference Az. 2391	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/03664	International filing date (day/month/year) 22 April 2000 (22.04.00)	Priority date (day/month/year) 03 May 1999 (03.05.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 21/265		
Applicant STEAG RTP SYSTEMS GMBH		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 6 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 6 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☒ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 30 November 2000 (30.11.00)	Date of completion of this report 14 August 2001 (14.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Translated
ANNEXES
not attached
to 409
Translation

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/03664

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1,3-5,7-11, as originally filed,
 pages _____, filed with the demand,
 pages 2.2a.6, filed with the letter of 05 July 2001 (05.07.2001) .
 pages _____, filed with the letter of _____ .
- ☒ the claims, Nos. _____, as originally filed,
 Nos. _____, as amended under Article 19,
 Nos. _____, filed with the demand,
 Nos. 1-25, filed with the letter of 01 August 2001 (01.08.2001) .
 Nos. _____, filed with the letter of _____ .
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/5 - 5/5, as originally filed,
 sheets/fig _____, filed with the demand,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____ ,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____ .

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/03664

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-25	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-25	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-25	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

I. Claims 1 and 2:

1. The conference report by D.F. Downey et al.: "Rapid thermal process requirements for the annealing of ultra-shallow junctions" (D1), which was published in Materials Research Society Symposium Proceedings, Vol. 470, pages 299-311 (1 April 1997), XP002101565, appears to disclose the closest prior art. This document examines the influence of various process gas atmospheres during RTP on the distribution of B and BF₂ impurities in silicon wafers (see page 300, third paragraph to page 305, second paragraph, in particular Table 1). According to the conclusion of the present application, it appears that also under these conditions defects in the grid structure of the semiconductor material should be produced and affected by the process gas atmosphere.
2. Thus D1 describes a method for producing defects in a grid structure of a semiconductor material during its thermal treatment in which the concentration or distribution of the flaw or defect is controlled in a manner dependent on a process gas atmosphere.
3. The conference report by D. F. Downey et al.: "The

effects of small concentrations of oxygen in RTP annealing of low energy Boron, BF₂ and Arsenic ion implants" (D2), which was published in Materials Research Society - Symposium Proceedings - Rapid Thermal and Integrated Processing, Vol. 525 (1998), pages 263-271, XP000974859 pertains to the influence of the oxygen content of a nitrogen atmosphere on the impurity distribution in a silicon wafer (see page 263, abstract and second paragraph to page 270, second paragraph, and in particular Table 1).

4. In D1, silicon oxide layers are also applied to some of the wafers, whereas in D2 silicon oxide layers form during the RTP process. Therefore a Si_xO_yN_z oxynitride layer is known for z=0, since Claim 1 does not exclude z=0.
5. The subject matter of Claim 1 differs from the content of D1 and D2 in that the thickness of the oxynitride layer is 2 nm at most. The thickness of the silicon oxide layer in D1 is considerably greater at 8 nm, and D2 makes no mention thereof. It is not directly obvious to a person skilled in the art that the layer according to Claim 1 is sufficient for preventing the diffusion of the impurities.
6. Consequently, not all of the features of Claim 1 are known from or suggested by D1 or D2, and therefore Claim 1 appears to meet the requirements of PCT Article 33(2) and (3).
7. D1 describes that a natural oxide layer is removed before thermal treatment. Further, Claim 2 differs from the disclosure of D1 by the application of a

Si_3N_4 layer having a thickness of 4 nm at most.

8. D1 and D2 make no mention of a Si_3N_4 layer, but rather only of silicon oxide layers whose thickness in D1 is also considerably greater. The available prior art would not suggest to a person skilled in the art that the nitride layer that forms after the removal of the natural oxide layer is sufficient for preventing the diffusion of the impurities.
9. Consequently, Claim 2 likewise appears to meet the requirements of PCT Article 33(2) and (3).

II. Claims 3 to 25:

1. Claims 3 to 25 are dependent on one of the two independent Claims 1 and 2, that is, they contain all of the features of one of these claims. Since each of Claims 1 and 2 appears to meet the requirements of PCT Article 33(2) and (3), Claims 3 to 25 also appear to be in line with the requirements of PCT Article 33(2) and (3).

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/EP 00/03664

Supplemental Box

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: VI

*Document WO-A-99/39381 is not prior art pursuant to PCT Rule 64.1. Its content corresponds largely to that of D2, such that it does not appear to anticipate the subject matter of Claims 1 to 25.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP 00/03664

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

The additional feature of Claim 19 is too vague in order to express clearly the intended scope of protection of the claim (PCT Article 6). Each minimal thermal load of the wafer is always self-evident to a person skilled in the art.

5 T

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

REC'D 17 AUG 2001

PCT

WIPO PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts Az. 2391	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03664	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 22/04/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 03/05/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H01L21/265		
Anmelder STEAG RTP SYSTEMS GMBH et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 6 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☒ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 30/11/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 14.08.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde: <div style="display: flex; align-items: center;"> <div> Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465 </div> </div>	Bevollmächtigter Bediensteter Krause, J Tel. Nr. +49 89 2399 2829



I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

1,3-5,7-11 ursprüngliche Fassung

2,2a,6 eingegangen am 06/07/2001 mit Schreiben vom 05/07/2001

Patentansprüche, Nr.:

1-25 eingegangen am 02/08/2001 mit Schreiben vom 01/08/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/5-5/5 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03664

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1 - 25
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1 - 25
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1 - 25
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt

VI. Bestimmte angeführte Unterlagen

1. Bestimmte veröffentlichte Unterlagen (Regel 70.10)

und / oder

2. Nicht-schriftliche Offenbarungen (Regel 70.9)

siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

siehe Beiblatt

Zu Punkt V:

I. Ansprüche 1 und 2:

1. Der Konferenzbericht von D.F. Downey et al.: "Rapid thermal process requirements for the annealing of ultra-shallow junctions" (= D1), der in Materials Research Society Symposium Proceedings, Band 470, S. 299 bis 311 (1. April 1997), XP002101565, erschienen ist, scheint den nächstkommenden Stand der Technik zu beschreiben. In diesem Dokument wird der Einfluss verschiedener Prozessgasatmosphären während RTP auf die Verteilung von B- und BF_2 -Verunreinigungen in Siliziumwafern untersucht (s. S. 300, 3. Absatz, bis S. 305, 2. Absatz, insbesondere Tabelle 1). Der Folgerung in der vorliegenden Anmeldung nach müssten auch unter diesen Bedingungen Defekte in der Gitterstruktur des Halbleitermaterials erzeugt und durch die Prozessgasatmosphäre beeinflusst.
2. Das Dokument D1 beschreibt also ein Verfahren zum Erzeugen von Defekten in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während dessen thermischer Behandlung, bei dem die Defekt- bzw. Fehlstellenkonzentration oder -verteilung in Abhängigkeit von einer Prozessgasatmosphäre gesteuert wird.
3. Der Konferenzbericht von D. F. Downey et al.: "The effects of small concentrations of oxygen in RTP annealing of low energy Boron, BF_2 and Arsenic ion implants" (= D2), der in Materials Research Society - Symposium Proceedings - Rapid Thermal and Integrated Processing, Bd. 525 (1998), Seiten 263-271, XP000974859, erschienen ist, befasst sich mit dem Einfluss des Sauerstoffgehalts einer Stickstoffatmosphäre auf die Fremdatomerteilung in einem Siliziumwafer (s. S. 263, Zusammenfassung und zweiter Absatz, bis S. 270, 2. Absatz, und insbesondere Tabelle 1).
4. Im Dokument D1 werden auch bei einigen Wafern Siliziumoxidschichten aufgebracht, während im Dokument D2 Siliziumoxidschichten sich während des RTP-Prozesses bilden. Damit ist eine $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ Oxynitridschicht für $z=0$ bekannt, da im Anspruch 1 $z=0$ nicht ausgeschlossen ist.

5. Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich vom Inhalt der Dokumente D1 und D2 dadurch, dass die Dicke der Oxynitridschicht höchstens 2 nm beträgt. Die Dicke der Siliziumoxidschicht in D1 ist mit 8 nm wesentlich größer, in D2 ist sie nicht erwähnt. Für den Fachmann ist nicht ohne weiteres ersichtlich, dass die Schicht gemäß Anspruch 1 genügt, um das Ausdiffundieren der Fremdatome zu verhindern.
6. Demzufolge sind nicht alle Merkmale des Anspruchs 1 aus dem Dokument D1 oder D2 bekannt oder nahegelegt, so dass der Anspruch 1 die Erfordernisse des Artikels 33(2) und (3) PCT zu erfüllen scheint.
7. Im Dokument D1 ist beschrieben, dass eine natürliche Oxidschicht vor der thermischen Behandlung entfernt wird. Der Anspruch 2 unterscheidet sich vom Inhalt des Dokuments D1 aber weiterhin durch das Aufbringen einer Si_3N_4 -Schicht mit einer Dicke von höchstens 4 nm.
8. Eine Si_3N_4 -Schicht ist weder in dem Dokument D1 noch in dem Dokument D2 erwähnt, sondern nur Siliziumoxidschichten, deren Dicke in D1 überdies erheblich größer ist. Der Fachmann könnte nicht aus dem vorliegenden Stand der Technik entnehmen, dass die nach Entfernen der natürlichen Oxidschicht gebildete Nitridschicht ausreicht, um die Ausdiffusion der Fremdatome zu verhindern.
9. Demzufolge scheint auch der Anspruch 2 die Erfordernisse des Artikels 33(2) und (3) PCT zu erfüllen.

II. Ansprüche 3 bis 25:

1. Die Ansprüche 3 bis 25 hängen von einem der beiden unabhängigen Ansprüche 1 und 2 ab, d.h. sie enthalten alle Merkmale eines dieser Ansprüche. Da jeder der Ansprüche 1 und 2 für sich die Erfordernisse des Artikels 33(2) und (3) PCT zu erfüllen scheint, sind auch die Ansprüche 3 bis 25 anscheinend im Einklang mit den Erfordernissen des Artikels 33(2) und (3) PCT.

Zu Punkt VI:

Bestimmte veröffentlichte Unterlagen (Regel 70.10)

Anmelde Nr. Patent Nr.	Veröffentlichungsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)	Prioritätsdatum (zu Recht beansprucht) (Tag/Monat/Jahr)
WO-A-99/39381	5. August 1999	21. Januar 1999	29. Januar 1998*

*Das Dokument WO-A-99/39381 stellt keinen Stand der Technik im Sinne der Regel 64.1 PCT dar. Sein Inhalt entspricht weitgehend dem des Dokuments D2, so dass es die Gegenstände der Ansprüche 1 bis 25 nicht vorwegzunehmen scheint.

Zu Punkt VIII:

1. Das zusätzliche Merkmal des Anspruchs 19 ist zu vage, um den angestrebten Schutzzumfang des Anspruchs deutlich werden zu lassen (Artikel 6 PCT). Die jeweils minimale thermische Belastung des Wafers ist für den Fachmann immer eine Selbstverständlichkeit.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Erzeugen von Defekten in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während dessen thermischer Behandlung, bei dem die Defekt- bzw. Fehlstellenkonzentration und/oder -verteilung in Abhängigkeit von einer Prozeßgasatmosphäre gesteuert wird und eine $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ Oxy-Nitrid-Schicht mit einer Dicke bis 2 nm (20 Angström) auf der Oberfläche des Halbleiters erzeugt wird.
- 10
2. Verfahren zum Erzeugen von Defekten in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während dessen thermischer Behandlung, bei dem die Defekt- bzw. Fehlstellenkonzentration und/oder -verteilung in Abhängigkeit von einer Prozeßgasatmosphäre gesteuert wird, wobei vor der thermischen Behandlung eine natürliche SiO_2 -Schicht von der Halbleiteroberfläche entfernt wird und eine Si_3N_4 -Schicht auf dem Halbleiterwafer mit einer Dicke bis 4 nm (40 Angström) erzeugt wird.
- 15
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Defekte Gitterfehlstellen (Leerstellen) sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Defekte Halbleitersubstratome auf Zwischengitterplätzen (Eigenzwischengitteratome) sind.
- 25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusammensetzung des Prozeßgases gesteuert wird.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentration des Prozeßgases oder der Prozeßgaskomponenten gesteuert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Partialdruck des Prozeßgases gesteuert wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas ein Stickstoff enthaltendes Gas aufweist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas NH_3 aufweist.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas N_2 aufweist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas keinen Sauerstoff enthält.
- 15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Prozeßgas eine Sauerstoff enthaltende Komponente aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Sauerstoff enthaltende Komponente N_2O , NO und/oder H_2O aufweist.
- 20 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Temperaturverlauf der thermischen Behandlung gesteuert wird.
- 25 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßgasatmosphäre Argon enthält.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor der thermischen Behandlung eine natürliche SiO_2 -Schicht von der Halbleiteroberfläche entfernt wird.
- 30 17. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die NH_3 -Konzentration 0 bis 10000 ppm beträgt.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die NH_3 -Konzentration 2500 bis 5000 ppm beträgt.
- 5 19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Belastung des Halbleiterwafers auf ein Minimum reduziert wird.
- 10 20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die Verteilung der Defekte eine Verteilung von Fremdatomen innerhalb des Halbleitermaterials gesteuert wird.
- 15 21. Verfahren nach Anspruch 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Fremdatome wenigstens ein Element der folgenden Gruppe Bor, Phosphor, As, Sb und In aufweisen.
- 20 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren an einem fremd dotierten Halbleiter durchgeführt wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren an einem zu dotierenden Halbleiter durchgeführt wird.
- 25 24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiter dotiert wird.
- 30 25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiter mittels Gasphasendotierung, Implanatation und/oder Diffusion durch Ausdiffusion aus einer den Halbleiter kontaktierenden Schicht in den Halbleiter dotiert wird.

Beschädigung des Halbleiters durch die thermische Behandlung in sich. Darüber hinaus ist der Energieaufwand für die thermische Behandlung sehr hoch.

5 Ferner ist aus dem Konferenzbericht von D. F. Downey et al.: "Rapid thermal process requirements for the annealing of ultra-shallow junctions", der in Materials Research Society Symposium Proceedings, Band 470, S. 299 bis 311 (1 April 1997) XP002101565 erschienen ist, ein Verfahren zum thermischen Behandeln von Halbleitermaterialien zu entnehmen, bei denen eine eingesetzte Prozeßgasatmosphäre einen Einfluß auf das Diffusionsverhalten von Fremdatomen zeigt. Insbesondere wird die Injektion von Leerstellen oder Zwischengitteratomen durch das
10 Annealen in NH_3 oder O_2 erwähnt, die das Diffusionsverhalten von Bor beeinflusst.

Ausgehend von diesem oben beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein neues Verfahren vorzugeben, welches
15 auf einfache und kostengünstige Weise eine genaue Steuerung von Gitterdefekten in einem Halbleitermaterial ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Erzeugen von Defekten in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während dessen
20 thermischer Behandlung, bei dem die Defektkonzentration und/oder -verteilung in Abhängigkeit von einer Prozeßgasatmosphäre gesteuert wird. Das obige Verfahren ermöglicht eine Steuerung der Defektkonzentration und/oder -verteilung in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während dessen thermischer Behandlung, bei im wesentlichen konstantem thermischen Budget (Integral der Temperatur-Zeit-
25 Kurve). Somit kann bei möglichst minimaler thermischer Belastung die Defektkonzentration und/oder -verteilung in Abhängigkeit von der Prozeßgasatmosphäre gesteuert werden. Die Defektkonzentration und/oder -verteilung beeinflusst wiederum die Konzentration sowie das Diffusionsverhalten von Fremdatomen innerhalb des Halbleitermaterials.

30 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die erzeugten Defekte Gitterfehlstellen (Leerstellen). Durch die Erzeugung von Gitterfehlstellen können Fremdatome unabhängig von dem oben genannten Kick-Out-Mechanismus auf Gitterplätze gelangen. Dies ist insbesondere bei größeren Fremdatomen wie Arsen

22a

oder Antimon vorteilhaft, welche im wesentlichen nur durch Auffüllen von Gitterfehlstellen (Leerstellen) auf Gitterplätze des Halbleiters gelangen.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Defekte Halbleiteratome
5 auf Zwischengitterplätzen, welche wiederum einen anderen Mechanismus fördern, mittels dem die Fremdatome auf Gitterplätze gelangen.

Vorteilhafterweise werden die Defekte im Bereich der Halbleiteroberfläche mit einer
Tiefe von 0 bis ca. 1000 Angström erzeugt. Die Defekte liegen somit auch im

10

Figur 5 die Konzentration von Arsenatomen in einem Siliziumhalbleiterwafer in Abhängigkeit von der Eindringtiefe von der Substratoberfläche für verschiedene Prozeßgaszusammensetzungen, bei gleichen Temperatur-Zeit-Führungen.

5

Figur 1 zeigt die Dicke einer Oxy-Nitrid-Schicht als Funktion der NH_3 -Konzentration in einer Argonatmosphäre für eine mit einem natürlichen Oxid bedeckten Siliziumhalbleiterwafer, der einer thermischen Behandlung von z. B. 1000°C für 10 Sekunden unterzogen wird. Bei der, der Figur 1 zugrundeliegenden thermischen Behandlung wurde Argon als inertes Trägergas für die NH_3 -Komponente eingesetzt. Die thermische Behandlung umfaßt das Aufheizen des Halbleiterwafers auf z.B. 1100°C für 10 Sekunden. Die Oxy-Nitrid-Schicht wird dabei während der thermischen Behandlung aufgebaut. Eine Nitridschicht wird bei kleineren oder auch größeren Temperaturen gebildet, und auch die Prozeßzeit ist nicht festgelegt.

15

Wie Figur 1 zu entnehmen ist, ist die $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ -Schicht nach der thermischen Behandlung bei sehr kleinen NH_3 -Konzentrationen (im Bereich von 0 bis 1ppm) oder unter Vakuumverhältnissen (z.B. 10^{-6} torr (133×10^{-6} Pa)) kleiner als die ursprüngliche, natürliche Oxidschicht-Dicke, die wie aus Figur 1 ersichtlich ist, etwa 13 Angström beträgt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei diesen NH_3 -Konzentrationen, abhängig von der Temperatur und möglichen Gasverunreinigungen (z. B. O_2), ein "Ätzen" des Si-Wafers stattfindet. Dies muß aber nicht notwendigerweise auftreten.

20

Bei zunehmender NH_3 -Konzentration (aber gleichbleibender thermischer Behandlung) wächst die $\text{Si}_x\text{O}_y\text{N}_z$ -Schicht an und erreicht im reinen NH_3 bei mit ca. 20 Angström ein Maximum. Dabei ist zu beachten, daß die maximale Schichtdicke wesentlich von der Prozeßführung, d.h. von dem Temperatur-Zeit-Verlauf des Prozesses abhängt.

25

30

Für thermische Behandlungen mit Temperaturen unter ca. 1000°C läßt sich anstelle von Argon N_2 als Inertgas verwendet, da aufgrund der hohen Bindungsenergie von N_2 unterhalb von 1000°C keine oder nur eine geringe Nitridierung auftritt. Bei Temperaturen oberhalb von 1000°C kann auch N_2 als

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. November 2000 (09.11.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/67299 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 21/265

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/03664

(22) Internationales Anmeldedatum:

22. April 2000 (22.04.2000)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

199 20 322.9 3. Mai 1999 (03.05.1999) DE
199 27 962.4 18. Juni 1999 (18.06.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): STEAG RTP SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Daim-
lerstrasse 10, D-89160 Dornstadt (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LERCH, Wilfried

[DE/DE]; Zwischen den Wiesen 17, D-89160 Dornstadt
(DE). ROTERS, Georg [DE/DE]; Weseler Strasse 37,
D-48249 Dülmen (DE). MARCUS, Steven, D. [US/US];
1142 East Vinedo Lane, Tempe, AZ 85284 (US).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, SG, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts: 29. März 2001

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR GENERATING DEFECTS IN A GRID SUPPORT OF A SEMICONDUCTOR MATERIAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERZEUGEN VON DEFECTEN IN EINER GITTERSTRUKTUR EINES HALBLEI-
TERMATERIALS

(57) Abstract: In order to precisely control grid defects in a semiconductor material in a simple and cost-effective manner, the
invention provides a method for generating defects in a grid support of a semiconductor material, during the thermal treatment of
said material. The concentration and/or distribution of defects or blank sections is controlled in conjunction with a process gas
atmosphere.

(57) Zusammenfassung: Um auf einfache und kostengünstige Weise eine genaue Steuerung von Gitterdefekten in einem Halblei-
termaterial zu ermöglichen, ist ein Verfahren zum Erzeugen von Defekten in einer Gitterstruktur eines Halbleitermaterials während
dessen thermischer Behandlung vorgesehen, bei dem die Defekt-bzw. Fehlstellenkonzentration und/oder-verteilung in Abhängigkeit
von einer Prozeßgasatmosphäre gesteuert wird.

WO 00/67299 A3

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts Az. 2391	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP 00/03664	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 22/04/2000	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 03/05/1999
Anmelder STEAG RTP SYSTEMS GMBH et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.



Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.



Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das



in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.



zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.



bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.



Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.



Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung



wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.



wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 3



wie vom Anmelder vorgeschlagen



keine der Abb.



weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.



weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L21/265

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETERecherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DOWNEY D F ET AL: "Rapid thermal process requirements for the annealing of ultra-shallow junctions" MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS, 1. April 1997 (1997-04-01), XP002101565 das ganze Dokument ---	1-17, 21-27
X	WO 99 01895 A (STEAG AST ELEKTRONIK GMBH) 14. Januar 1999 (1999-01-14) Seite 5, Zeile 23 -Seite 7, Zeile 24 Seite 8, Zeile 9 -Seite 10, Zeile 25 --- -/--	1-21



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

^a Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Dezember 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nesso, S

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>LERCH, W. ET AL.: "Simulation of rapid thermal annealed Boron Ultra-shallow junctions in inert and oxidizing ambient"</p> <p>MATERIALS RESEARCH SOCIETY - SYMPOSIUM PROCEEDINGS - RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING VII,</p> <p>1998, Seiten 237-255, XP000669354</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>Seite 237 -Seite 239</p> <p>Seite 243, Zeile 6 -Seite 251</p> <p>---</p>	<p>1-7,</p> <p>9-11,13,</p> <p>17,21-27</p>
X	<p>DOWNEY, D. F. ET AL.: "The effects of small concentrations of oxygen in RTP annealing of low energy Boron, BF₂ and Arsenic ion implants"</p> <p>MATERIALS RESEARCH SOCIETY - SYMPOSIUM PROCEEDINGS - RAPID THERMAL AND INTEGRATED PROCESSING,</p> <p>1998, Seiten 263-271, XP000974859</p> <p>in der Anmeldung erwähnt</p> <p>das ganze Dokument</p> <p>---</p>	<p>1-7,</p> <p>9-11,13,</p> <p>17,21-27</p>
P,X	<p>WO 99 39381 A (VARIAN ASSOCIATES)</p> <p>5. August 1999 (1999-08-05)</p> <p>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	<p>1-7,</p> <p>9-11,</p> <p>13-16,</p> <p>21-27</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: des Aktenzeichen

PCT/EP 00/03664

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9901895 A	14-01-1999	US 6100149 A	08-08-2000
		EP 1018148 A	12-07-2000
		JP 2000513508 T	10-10-2000
WO 9939381 A	05-08-1999	US 6087247 A	11-07-2000
		EP 1051742 A	15-11-2000